

Prot. 134412 del 07/11/2018

LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

COMMITTENTE : AZIENDA USL BOLOGNA

INDIRIZZO : VIA CASTIGLIONE 29 BOLOGNA – (BO)

Direttore dei Lavori/ Referente Prove: Arch. A. Ragazzini

INDAGINI STRUTTURALI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI
MATERIALI (CALCESTRUZZO E ACCIAIO) DELLA
STRUTTURA

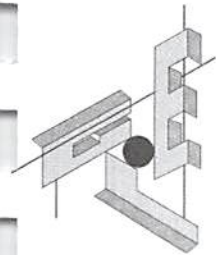
" POLO SANITARIO DI PIEVE DI CENTO "
VIA CAMPANINI, 4 PIEVE DI CENTO (BO) "



Modena, 25/10/2018

NS.RIF. n°: 1821 DEL-25/10/2018





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. L.L.P.P. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

1. PREMESSA E SCOPO DELL' INDAGINE

I tecnici del laboratorio Tecnologico Emiliano di Modena si sono recati presso il cantiere in oggetto al fine di effettuare una campagna di caratterizzazione meccanica su elementi in c.a. e ferro.

Le indagini del suddetto complesso, hanno avuto le seguenti finalità:

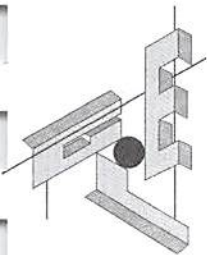
- caratterizzare meccanicamente, mediante prove di tipo distruttivo (carote di cls e/o prelievi di barre di acciaio) e/o semidistruttivo (pull-out), e di tipo non distruttivo (Ultrasuoni, indice sclerometrico, metodo son-reb), con indagine pacometrica.

La necessità di effettuare carotaggi e successive prove di compressione è dovuta al fatto che i metodi non distruttivi (sclerometro ed ultrasuoni) non possono essere utilizzati singolarmente per giungere ad una definizione diretta della resistenza del conglomerato cementizio: le prove di compressione delle carote, quindi, sono state utilizzate sia come riscontro diretto della resistenza del conglomerato cementizio e sia per calibrare i risultati ottenuti con i metodi indiretti non distruttivi.

Il carotaggio è sicuramente la tecnica di indagine di tipo distruttivo più diffusa, in quanto consente di determinare la resistenza del conglomerato presente in opera in maniera analoga a quella adottata per i campioni standard.

La resistenza ricavata dalle prove a compressione sui campioni ottenuti per carotaggio, in particolare la resistenza caratteristica, deve essere considerata con molta prudenza, a ragione della notevole influenza che la messa in opera e le condizioni di stagionatura del calcestruzzo hanno sulle caratteristiche delle carote. Il giudizio delle caratteristiche del cls in opera, in base alla resistenza determinata su carote prelevate, deve tener conto dei fattori di conversione necessari a compensare l'effetto della snellezza e della conversione resistenza cilindrica-resistenza cubica."(tratto dal punto 11.2 Linee guida per la messa in opera del cls strutturale e





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del cls indurito mediante prove non distruttive)

Il prelievo di carote da strutture in opera è regolato dalla norma UNI EN 12504-1 che indica, come criterio fondamentale da adottare nella esecuzione di tali prelievi, che il diametro delle carote deve essere non minore di tre volte la dimensione massima dell'aggregato, mentre l'altezza deve essere possibilmente pari al diametro se la finalità dell'indagine è quella di risalire alla resistenza cubica del calcestruzzo.

La resistenza misurata sulle carote (resistenza cilindrica) risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si misurerebbe su un equivalente provino standard.

Tali fattori sono in particolare:

- 1) diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- 2) differente età di stagionatura tra carota e provino standard;
- 3) posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad es. al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- 4) disturbo che inevitabilmente consegue alle operazioni di prelievo;
- 5) dimensioni delle carote
- 6) presenza di armature incluse.

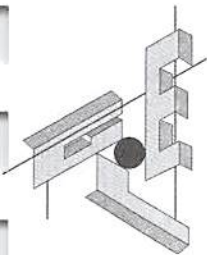
Per quanto l'effetto di alcuni dei fattori su elencati (ad es. 4) e 6)) possa essere eliminato o ridotto conducendo in maniera accurata le operazioni di prelievo, essi tendono in generale a far sottostimare la resistenza ottenuta dalle carote rispetto a quella degli analoghi provini standard.

PROVA DI CARBONATAZIONE (UNI 9944:1992)

I campioni prelevati sono sottoposti alla prova di carbonatazione, secondo la norma UNI 9944:1992 per determinare lo stato di conservazione del calcestruzzo.

In particolare, la norma si riferisce alla determinazione della profondità di carbonatazione.





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

La carbonatazione è un processo chimico per cui una sostanza, in presenza di anidride carbonica, dà luogo alla formazione di carbonati. Quando l'anidride carbonica dell'aria riesce a diffondersi dall'esterno nei pori della pietra cementizia, si innesca il processo di carbonatazione che modifica le proprietà alcaline del conglomerato cementizio poiché la conseguente riduzione dell'idrossido di calcio, determina un abbassamento del pH della pasta cementizia.

L'abbassamento del pH avviene ovviamente prima nelle zone corticali del materiale e solo successivamente in quelle più interne in funzione della porosità e/o del grado fessurativo del calcestruzzo.

Nei calcestruzzi densi e compatti la carbonatazione interessa di norma solamente i primi millimetri, ma in quelli porosi e/o fessurati può penetrare in profondità fino ad attraversare il copriferro e raggiungere le armature.

Per evidenziare le zone aggredite da fenomeni di carbonatazione si utilizza la fenolftaleina (indicatore di pH), usata in forma di soluzione in etanolo allo 0,1%. A pH inferiori a 8,2 è incolore, a pH superiori a 9,8 gli ossidril perdono i loro idrogeni e la molecola impartisce un intenso color porpora alla soluzione.

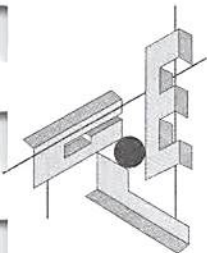
Le prove sclerometriche

L'utilizzo dello sclerometro è regolamentato dalla norma UNI EN 12504-2 ed è molto diffuso nella pratica professionale corrente, per cui verrà descritto con lo scopo principale di chiarirne i presupposti fisici e la scarsa affidabilità nella determinazione della resistenza.

Il metodo consiste nel misurare l'altezza di rimbalzo della massa, dopo che questa è stata proiettata, con una data energia, contro la superficie da saggiare; mediante delle curve in dotazione allo strumento si ottiene l'indice sclerometrico, proporzionale all'altezza di rimbalzo, che è correlato alla resistenza a compressione del calcestruzzo.

La suddetta norma UNI EN 12504-2 precisa che lo sclerometro può essere utilizzato per valutare la omogeneità del calcestruzzo in situ, per delimitare zone di calcestruzzo degradato o





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

di scarsa qualità e per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo, **ma non può sostituire i metodi distruttivi nella determinazione della resistenza**; tale determinazione può essere effettuata solo in presenza di una curva sperimentale di taratura.

Infatti i calcestruzzi poco rigidi e resistenti assorbono più energia nell'urto, rispetto a calcestruzzi più rigidi e resistenti, fornendo un minore valore dell'indice di rimbalzo.

Poiché è possibile per due calcestruzzi con diversa composizione avere la stessa resistenza ma rigidità diversa, si possono ottenere due differenti indici di rimbalzo anche a parità di resistenza; viceversa, è possibile per due calcestruzzi con diverse resistenze avere lo stesso indice di rimbalzo, se la rigidità del meno resistente è maggiore di quella del più resistente.

Il risultato inoltre è legato alle condizioni del punto nel quale la prova viene eseguita, per cui la norma UNI prescrive che vengano effettuate 12 misure, non sovrapposte, per ogni zona da esaminare, e che l'indice di rimbalzo venga individuato come media dei dieci indici misurati scartando il più basso e il più alto.

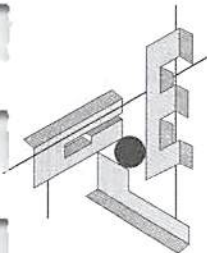
La prova coinvolge soltanto lo strato superficiale di calcestruzzo, per cui il risultato può non essere rappresentativo del calcestruzzo interno: ad esempio il fenomeno di carbonatazione, che interessa nel tempo il solo strato superficiale aumentandone la rigidità, può portare a valori dell'indice di rimbalzo maggiori di quelli rappresentativi del calcestruzzo interno, e per questa ragione la resistenza stimata su calcestruzzi con più di 90 giorni di stagionatura è in generale maggiore di quella effettiva.

Le prove ultrasoniche

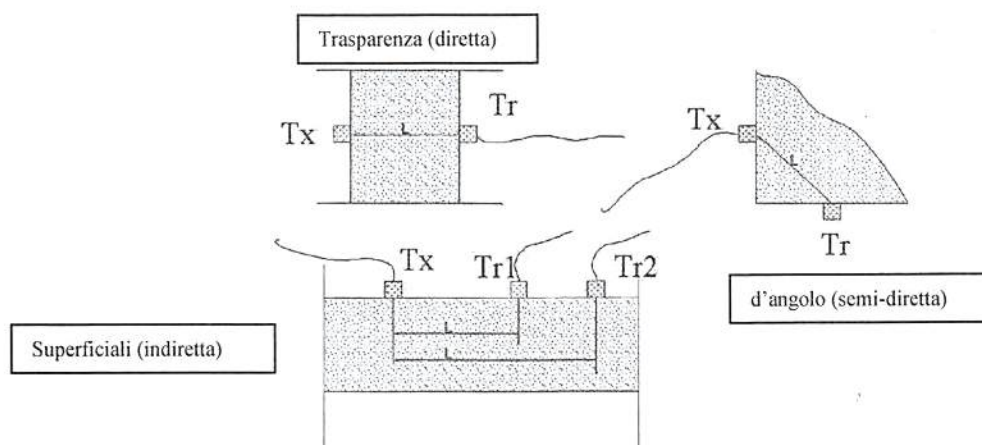
La norma UNI EN 12504-4 definisce i criteri e le modalità operative per la misura della velocità di propagazione delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo.

La prova consiste nel misurare il tempo impiegato da onde sonore di adeguata frequenza ad attraversare un mezzo compreso tra due trasduttori collocati ad una data distanza, ricavandone





la velocità di propagazione. Le letture possono essere effettuate in diversi modi legati alla posizione relativa dei due trasduttori ma il modo più corretto per effettuare le letture, e quindi da utilizzare sempre laddove possibile, è quello per trasparenza (misura diretta), cioè con i due trasduttori disposti in contrapposizione su due superfici tra loro parallele.



Letture ultrasoniche per trasparenza, d'angolo e superficiali.

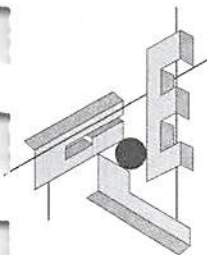
Come per il metodo sclerometrico, esistono curve che correlano la velocità ultrasonica alla resistenza del conglomerato, ma anche in questo caso la utilizzazione diretta di tali correlazioni comporta una stima poco affidabile della resistenza.

D'altra parte il calcestruzzo non è ovviamente un mezzo omogeneo, isotropo ed elastico, cosicché le relazioni che legano la velocità di propagazione alle caratteristiche meccaniche del mezzo devono tener conto delle sue reali proprietà fisico-chimiche.

I fattori che maggiormente influenzano le misurazioni sono :

- 1) **tipo di cemento:** non è molto significativo se non per calcestruzzi "giovani", in generale può essere trascurato;
- 2) **dimensioni degli inerti:** la maggior presenza di inerti grandi, nella composizione granulometrica del calcestruzzo, fa aumentare la velocità anche se la resistenza resta costante;
- 3) **rapporto acqua/cemento e dosaggio cemento:** riducendo il rapporto A/C la velocità resterà pressoché costante mentre la resistenza potrà aumentare anche considerevolmente;





4) **età del conglomerato:** la velocità, al contrario della resistenza, è inversamente proporzionale all'età di stagionatura, e ciò sembra vada addebitato alle microfessurazioni che si verificano (riduzione di velocità), mentre le reazioni di indurimento continuano nel tempo (aumento di resistenza);

5) **contenuto di umidità:** all'aumentare del contenuto di umidità nel calcestruzzo si registra un aumento della velocità fino al 5% ed una diminuzione del carico di rottura;

6) **stato di sollecitazione:** la velocità ultrasonica non è influenzata dallo stato di sollecitazione, in cui si trova l'elemento in prova, fino a sforzi nel materiale pari a circa il 50% del carico di rottura; per livelli di sforzo più elevati si osserva una riduzione della velocità causata dalla formazione di micro-fessure ;

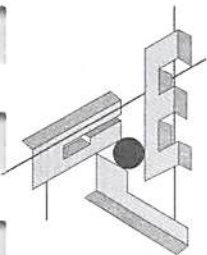
7) **presenza di armature:** le armature dovrebbero essere possibilmente evitate a causa dell'errore introdotto dal fatto che la velocità di trasmissione nell'acciaio è circa del 40% superiore alla velocità di trasmissione nel calcestruzzo; in un elemento in c.a. fortemente armato si può rilevare, quindi, una velocità ben maggiore di quella effettiva, specialmente se le barre sono disposte parallelamente alla direzione di propagazione degli impulsi. Alcuni autori ed alcune normative hanno proposto degli opportuni fattori di correzione, funzione della disposizione delle armature nella zona interessata, ma la loro affidabilità è discutibile; comunque l'influenza di armature di diametro inferiore a 10-12 mm appare essere trascurabile.

Il metodo ultrasonico si rivela molto affidabile nel valutare la omogeneità del conglomerato e rilevarne lo stato fessurativo.

Metodo sonreb

Per ridurre gli errori commessi con le due metodologie è stato sviluppato il metodo combinato SONREB (SONic + REBound = ultrasuoni+sclerometro). Si è infatti notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità





ultrasonica diminuisce. L'uso combinato delle due prove consente quindi di compensare in parte gli errori commessi usando singolarmente le due metodologie.

L'applicazione del metodo Sonreb richiede la valutazione dei valori locali della velocità ultrasonica V e dell'indice di rimbalzo S , a partire dai quali è possibile ottenere la resistenza del calcestruzzo R_c mediante espressioni del tipo: $R_c = a V^b S^c$ (1)

In bibliografia vengono fornite numerose espressioni e tra le più note si hanno :

$R_{c,1} = 9.27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1.4} \cdot V^{2.6}$	(1), Norme RILEM
$R_{c,2} = 8.06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1.246} \cdot V^{1.85}$	(2), Gasparik
$R_{c,3} = 1.2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1.058} \cdot V^{2.416}$	(3), Di Leo - Pascale

in cui R_c è la resistenza cubica a compressione in [N/mm²], S è l'indice sclerometrico e V è la velocità ultrasonica in [m/s].

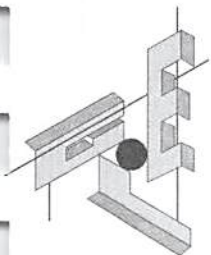
Rilevazione dei ferri d'armatura a mezzo di Pachometro UNI 7997

Lo scopo della prova è quello di determinare la posizione delle armature, lo spessore del copriferro e, con buona approssimazione, il diametro dei ferri facendo scorrere lungo la superficie mediante una sonda emettitrice di campo magnetico collegata ad un'unità di elaborazione digitale ed acustica.

Questo tipo di rilevazione è particolarmente utile per l'esecuzione delle altre prove come il carotaggio ed il Pull-out e tutte prove non distruttive, che necessitano di evitare le armature.

Per la verifica armatura è stato rimosso parzialmente il copriferro per determinare il diametro dell'armatura





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617 / STC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



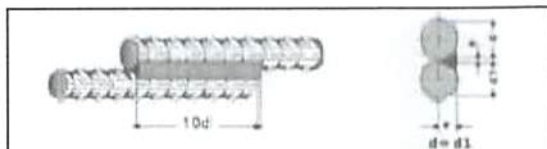
LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

PRELIEVO DELLA BARRA D'ARMATURA e PROVA DI TRAZIONE

(UNI EN ISO 6892-1:2009)

Ogni prelievo consistente nell'estrazione di uno spezzone di barra per ogni elemento indagato. I prelievi di armatura sono stati previsti nelle sezioni meno sollecitate. Le fasi con cui sono state eseguite sono le seguenti:

1. rimozione dello strato superficiale di calcestruzzo;
2. Saldatura della barra sostitutiva in acciaio ad aderenza migliorata dello stesso diametro, la saldatura con elettrodi a freddo eseguita con piccole passate per evitare lo snervamento delle barre dovuto al calore;
3. all'estrazione tramite taglio della porzione di barra da sottoporre ad analisi in laboratorio.
4. Ripristino del ricoprimento con malta cementizia tixotropica ad alta resistenza tipo o equivalente. La tipologia più comune delle giunzioni adottate per la saldatura delle barre di acciaio per c.a., è rappresentata nella figura qui sotto riportate:

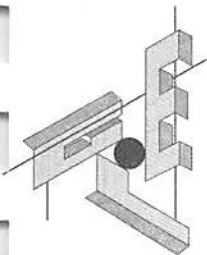


La lunghezza del cordone di saldatura è indicativamente e pari in media a 10 volte il diametro delle barre da saldare.

I campioni di acciaio prelevati sono successivamente sottoposti a prova di trazione al fine di determinare le seguenti caratteristiche meccaniche:

- determinazione del diametro effettivo;
- tensione di snervamento;
- tensione di rottura;
- allungamento percentuale a rottura.





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

2. PARTE SPERIMENTALE

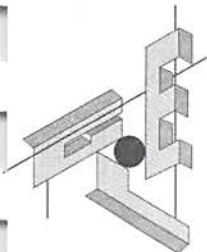
Nelle tabelle seguenti vengono individuati i punti di indagine e le rispettive prove eseguite:

ELEMENTO			PROVA				
Punto Indagine							
S	1		X				
S	2		X				
S	3		X				
S	4		X				
S	5		X	P			
S	6	C	X	P			
S	7		X				
S	8	C	X				
S	9		X				
TF	2		X	P			
	1	C		P			
	2			P			
	3	C		P			
	4	C		P			
	5			P			
	7	C		P			
	9			P			
	10				E		
	11				E		
	12				E		

Legenda:

C = Carota cls+ carbonatazione;
SR(X) = Ultrasuono+Sclerometro=metodo sonreb;
P= indagine pacometrica
E= estrazione ferro





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617 / STC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



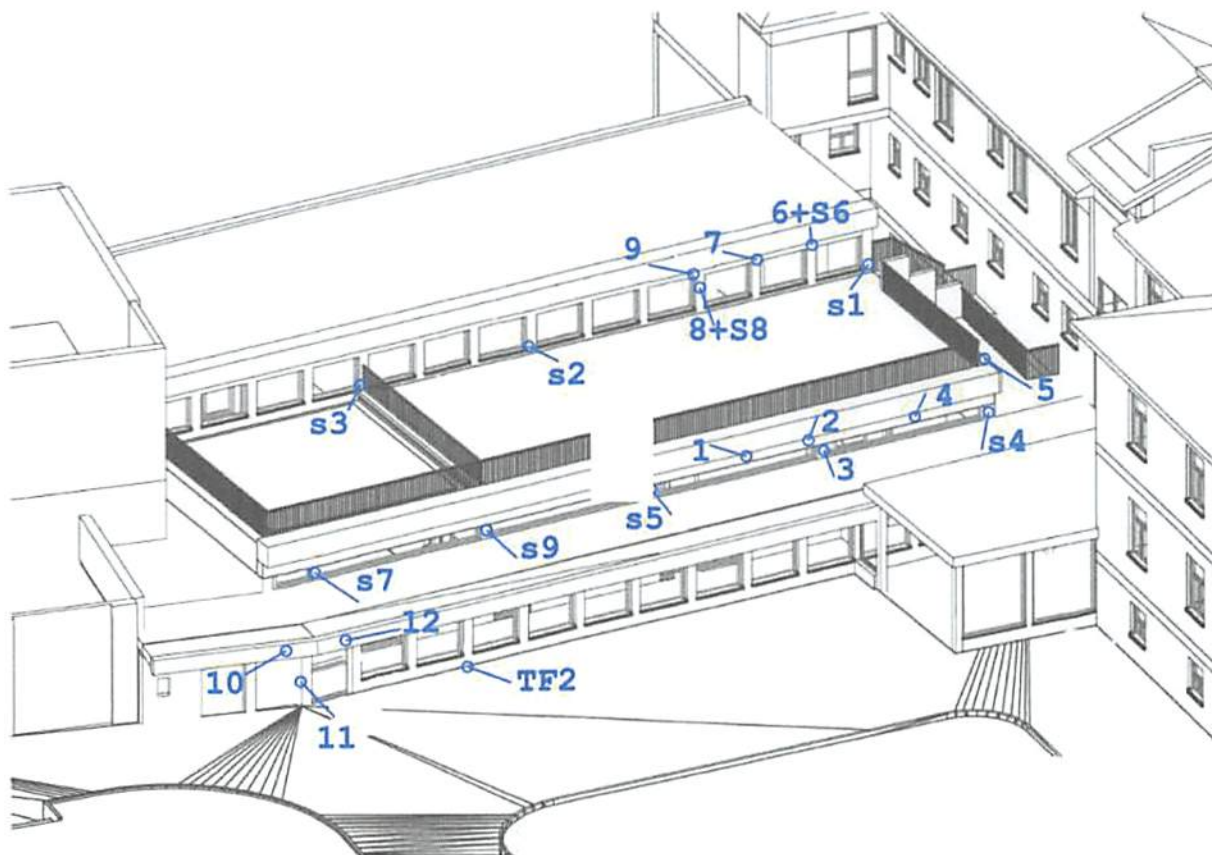
LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

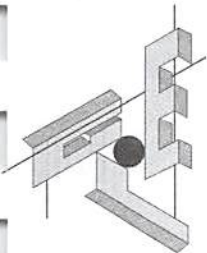
Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

Tipologia di indagine		pg
Carotaggio calcestruzzo + carbonatazione	Rapporto di prova n°562 / Q / M del 25/10/2018	12
Trazione ferri estratti	Rapporto di prova n°563 / Q / M del 25/10/2018	13
Sclerometriche	Rapporto di prova n°564 / Q / M del 25/10/2018	14
Ultrasuoni su cls + metodo sonreb	Rapporto di prova n°565 / Q / M del 25/10/2018	15-16
Indagine pacometrica con verifica armatura	Rapporto di prova n°566 / Q / M del 25/10/2018	18-23

La ubicazione delle prove sono indicate nella planimetria seguente:





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

**PROVA DI COMPRESSIONE DI PROVINI CILINDRICI
DI CALCESTRUZZO PRELEVATI DA STRUTTURE
(UNI EN 12390 -UNI EN 12504-1)**

RAPPORTO DI PROVA N° 562 / Q / M del 25/10/2018

DATA PROVA : 24/10/2018
DATA PRELIEVO : 18/10/2018

RISULTATI DELLA PROVA

ELEMENTO	c*	H media	D.Medio	Area	Peso	Densità	Rapp.
Punto indagine	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(g)	(kg/m ³)	H/D
S 6	2,0	7,5	7,4	43,01	728,0	2257	1,01
S 8	2,0	7,6	7,4	43,01	694,0	2123	1,03
1	1,0	7,7	7,4	43,01	728,0	2198	1,04
3	1,2	7,6	7,4	43,01	722,0	2209	1,03
4	1,0	7,5	7,4	43,01	714,0	2214	1,01
7	2,0	7,7	7,4	43,01	722,0	2180	1,04

ELEMENTO	Tipo di rottura	Rottura	Res. Unit. Compressione	Res. Unit. Compressione rapporto 1:1
Punto indagine	(1)	(KN)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
S 6	RE	112,6	26,2	26,3
S 8	RE	84,2	19,6	19,7
1	RE	95,0	22,1	22,3
3	RE	124,8	29,0	29,2
4	RE	106,0	24,6	24,7
7	RE	89,6	20,8	21,0

(1) RE=regolare NRE= non regolare

*determinazione della profondità di carbonatazione secondo uni 9944:1992 ;

peso di volume calcolato ad umidità ambiente

Dimensione massima aggregato=25 mm

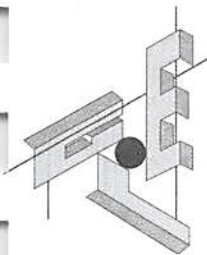
NOTE: Le superfici di schiacciamento sono state rettifiche mediante levigatura meccanica.

Prelievo effettuato da Tecnici LTE - Provini cilindrici tagliati nelle dimensioni specificate da tecnici LtE

Attrezzatura utilizzata: Pressa di CLASSE 1.

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)



LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/FTC
con estensione a Prove di Carico su Pastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

**PROVA DI TRAZIONE E PIEGAMENTO DI BARRE PER CEMENTO ARMATO
(- UNI EN 6892-1 - UNI EN 15630-1)**

RAPPORTO DI PROVA N° 563 / Q / M del 25/10/2018

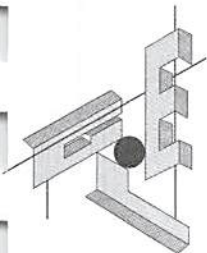
DATA PROVA : 24/10/2018
DATA PRELIEVO : 18/10/2018

sigla			Diam.	Diam.	Carico di	Carico di	Valore	Allung.	NOTE
prov.			nomin.	Equip.	snerv.	rottura	Rapporto	A	
			(mm)	(mm)	f_y (N/mm ²)	f_t (N/mm ²)	f_t/f_y	(%)	
		10	12,0	11,9	472,8	732,3	1,55	20,5	ferro a.m.
		11	12,0	12,5	412,5	577,2	1,40	29,5	ferro a.m.
		12	6,0	6,2	481,2	739,2	1,54	FTC	ferro a.m.

*ftc= fuori tratto centimetrato

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

DETERMINAZIONE DELL'INDICE SCLEROMETRICO SECONDO UNI 12504-2.

RAPPORTO DI PROVA N° 564 / Q / M del 25/10/2018

DATA PROVA : 18/10/2018

Strumentazione: Sclerometro Smith (cod. interno LGE SP SC 04)
Modalità operativa: Angolo di battuta 0° - Taratura su incudine normalizzata prima delle misure

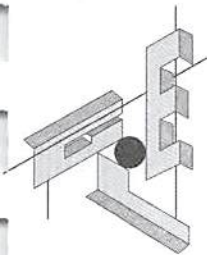
ELEMENTO		Sclerometriche												Angolo battuta°	
Punto indagine		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	media S	0
S	1	38	39	40	44	44	32	38	40	42	40	38	44	40,3	40,3
S	2	39	41	42	43	38	42	40	39	40	38	37	36	39,6	39,1
S	3	44	34	36	40	36	41	42	40	42	42	36	38	39,3	38,6
S	4	40	46	44	42	40	39	42	40	45	44	43	42	42,2	43,8
S	5	42	38	40	44	42	38	42	40	38	41	40	38	40,1	40,0
S	6	44	41	43	40	45	42	44	38	39	40	39	40	41,2	42,0
S	7	44	44	38	42	43	44	41	38	40	41	38	40	41,1	41,8
S	8	41	42	38	41	42	43	39	40	36	40	42	43	40,8	41,2
S	9	46	51	46	44	45	43	39	38	40	41	38	40	42,2	43,8
TF	2	40	38	44	40	36	38	40	41	38	40	40	40	39,5	38,9

S=media sclerometria calcolata escludendo il minimo e massimo rilevato

NOTE : * valore dedotto da grafico di correlazione in dotazione allo strumento utilizzato (N/mm²)

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)



LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. L.L. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

INDAGINE NON DISTRUTTIVA MEDIANTE ULTRASUONI - UNI EN 12504-4

RAPPORTO DI PROVA N° 565 / Q / M del 25/10/2018

DATA PROVA : 19/10/2018

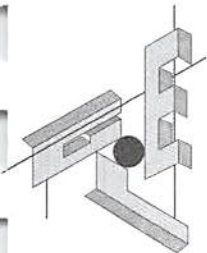
Strumentazione: Generatore ultrasuoni : Controls mod. 58-E0048

T=Trasparenza A=Aderenza

ELEMENTO				U. S.
Punto indagine			tipo prop	m/s
S	1	A		3210
S	2	T		3293
S	3	T		3464
S	4	T		3606
S	5	T		3831
S	6	A		4326
S	7	T		3881
S	8	T		3352
S	9	T		3989
TF	2	A		4242

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

METODO SONREB: CORRELAZIONE TRA PROVE DISTRUTTIVE E NON DISTRUTTIVE

Nella tabella seguente vengono consegnate i risultati delle prove in situ e in laboratorio:

ELEMENTO			Compressione carota RAPPORTO 1:1 (N/mm ²)	Indice sclerometrico media S	U. S.	
Punto Indagine					tipo prop	m/s
	S	1		40,3	A	3210
	S	2		39,6	T	3293
	S	3		39,3	T	3464
	S	4		42,2	T	3606
	S	5		40,1	T	3831
	S	6	26,3	41,2	A	4326
	S	7		41,1	T	3881
	S	8	19,7	40,8	T	3352
	S	9		42,2	T	3989
	TF	2		39,5	A	4242
		1	22,3			
		3	29,2			
		4	24,7			
		7	21,0			
min			19,7	39,3		3210,0
med			23,0	40,6		3719,5
max			26,3	42,2		4326,0
dev. Stan. Pop.			3,3	1,0		375,1
coeff di variazione			0,14	0,02		0,10

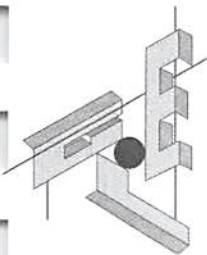
Con il Metodo Sonreb, possiamo correlare l' indice di rimbalzo e la velocità dell' ultrasuono con la resistenza a compressione Rc mediante una relazione del tipo $R_{st} = A \cdot U^A \cdot S^B$ con i coefficienti A,B C calibrati con i valori delle carote e U ed S valori sperimentali dei metodi non distruttivi (U=ultrasuoni, S=sclerometrici).

Oltre alla letteratura (Di-Leo Pascale, Gasparik, Rilem), tale relazione può essere dedotta mediante analisi statistica, utilizzando come variabile dipendente la resistenza R sperimentale delle carote e come variabili indipendenti, i parametri non distruttivi.

E' stata effettuata quindi una regressione con il metodo dei minimi quadrati ed i coefficienti che approssimano di più i dati sperimentali minimizzando la varianza sono i seguenti:

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)



LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

A	0,35403
B	-1,51204
C	1,18586

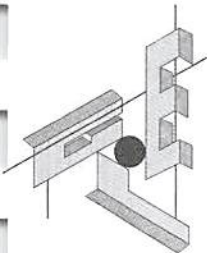
Ciò ha permesso di stimare la resistenza a compressione anche negli elementi in cui essa non è stata valutata direttamente mediante prelievo di carote, ma esclusivamente mediante prove non distruttive. Sostituendo i valori misurati nella equazione precedente, si è determinata la resistenza del calcestruzzo stimata Rst (con il metodo sonreb) per gli elementi sottoposti a prova.

ELEMENTO		Di-leo Pascale	Gasparik	Rilem	Rst *
Punto indagine		Mpa	MPa	Mpa	Mpa
S	1	23	25	21	19,7
S	2	24	25	22	21,7
S	3	27	28	25	20,2
S	4	32	33	31	19,1
S	5	35	34	34	20,4
S	6	48	44	48	23,7
S	7	37	36	36	23,0
S	8	25	27	24	23,2
S	9	40	39	40	27,3
TF	2	44	40	43	26,3
min		22,6	24,8	21,4	19,1
med		33,4	33,1	32,6	22,4
max		48,0	44,2	48,1	27,3
dev. Stan. Pop.		8,4	6,5	8,8	2,6
coeff di variazione		0,25	0,19	0,27	0,12

Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617 / STC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:

VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA

TEL. 059.285521 - FAX 059.285529

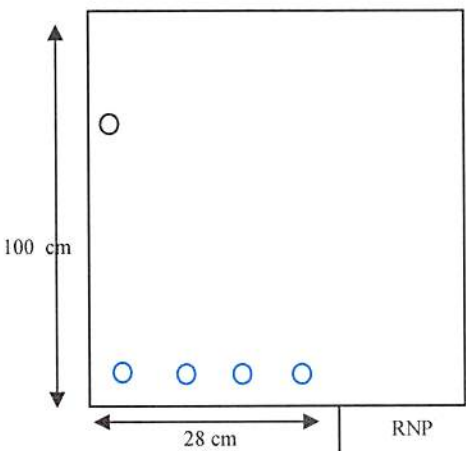
modena@laboratoriemiliani.com

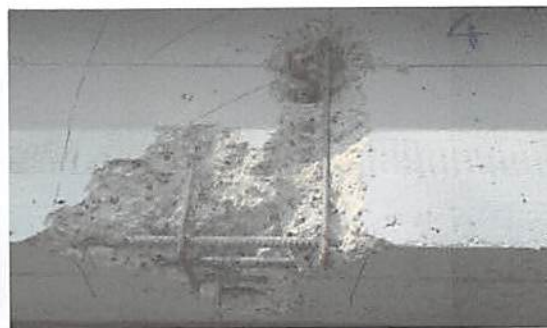
www.laboratoriemiliani.com

INDAGINE PACOMETRICA CON VERIFICA ARMATURA

RAPPORTO DI PROVA N° 566 / Q / M del 25/10/2018

DATA PROVA : 24/10/2018
DATA PRELIEVO : 18/10/2018

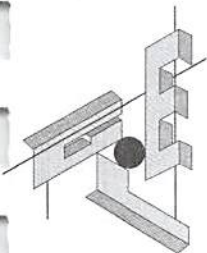
Trave 1 - 2 - 4	
	<input type="radio"/> indagine pacometrica <input checked="" type="radio"/> Diam. 14 mm ad am.
	Staffe diam. 8 ogni 20 cm
	Copriferro 1.5 cm
	RNP = RILIEVO NON POSSIBILE



Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:

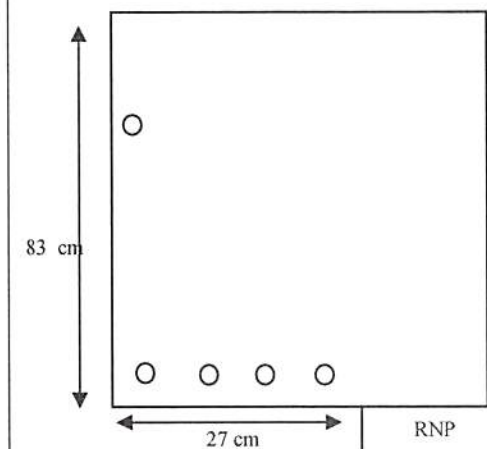
VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA

TEL. 059.285521 - FAX 059.285529

modena@laboratoriemiliani.com

www.laboratoriemiliani.com

Trave 6 - 7 - 9



☐ indagine pacometrica

Staffe ogni 20 cm

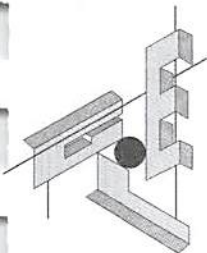
RNP = RILIEVO NON POSSIBILE



Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
 VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
 TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
 modena@laboratoriemiliani.com
 www.laboratoriemiliani.com

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

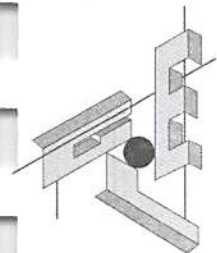
Pilastro 3-8	
	<input type="checkbox"/> indagine pacometrica
	Staffe ogni 20 cm
	Copriferro 3 cm
	RNP = RILIEVO NON POSSIBILE



Lo Sperimentatore
 (Ruggero Barbieri)



Il Direttore del Laboratorio
 (dott.ing. Michele Cella)



LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL. PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/PTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:
 VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA
 TEL. 059.285521 - FAX 059.285529
 modena@laboratoriemiliani.com
www.laboratoriemiliani.com

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

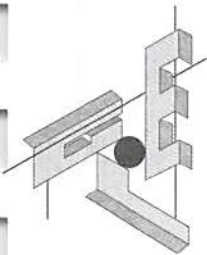
Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

TRAVERE 5	
	O diam. .14 mm
	Staffe diam. 8 ogni 20 cm
	Copriferro 1.0 cm
	RNP = RILIEVO NON POSSIBILE



Lo Sperimentatore
 (Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
 (dott. ing. Michele Cella)



LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali



LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001

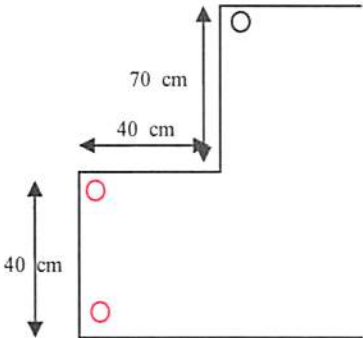
LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:

VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA

TEL. 059.285521 - FAX 059.285529

modena@laboratoriemiliani.com

www.laboratoriemiliani.com

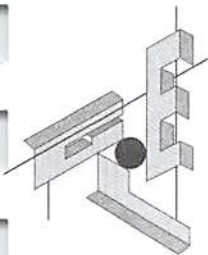
T F 2	
	<input type="radio"/> indagine pacometrica <input checked="" type="radio"/> diam. .12 mm a.m.
	Staffe diam. 6 ogni 25/30 cm
	Copriferro 1.0 cm
	RNP = RILIEVO NON POSSIBILE



Lo Sperimentatore
(Ruggero Barbieri)

Il Direttore del Laboratorio
(dott. ing. Michele Cela)





LABORATORIO PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE L.1086/71
Aut. Min. LL.PP. Decreto n. 23457 del 31/03/1983 e successivi rinnovi
Settore "A" Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/LTC
con estensione a Prove di Carico su Piastra, Prove di Carico su Pali

LABORATORIO TECNOLOGICO EMILIANO S.R.L.

Laboratorio Autorizzato ai sensi dell'art.59 del DPR n. 380/2001



LABORATORIO E SEDE AMMINISTRATIVA:

VIA DEI CARPENTIERI, 44 - 41122 MODENA

TEL. 059.285521 - FAX 059.285529

modena@laboratoriemiliani.com

www.laboratoriemiliani.com

FOTO ESTRAZIONE FERRI E CARBONATAZIONE CAROTAGGI

